

SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROKSIAPATIT DARI CANGKANG TELUR AYAM RAS (*Gallus gallus*) MENGGUNAKAN METODE PENGENDAPAN BASAH

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROXYAPATITE FROM SHELL EGGS RACE CHICKEN (*GALLUS GALLUS*) USING WET DEPOSITION METHOD

Fenty Wiana Puspita* dan Sari Edi Cahyaningrum

Departement of Chemistry, Faculty of Matematics and Natural Sciences State University of Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (6023), telp 031-8298761

*Corresponding author, e-mail: fenty_wianapuspita@yahoo.com

Abstrak: Limbah cangkang telur ayam ras memiliki kandungan kalsium karbonat (CaCO_3), magnesium karbonat (MgCO_3), kalsium fosfat (CaPO_4), magnesium fosfat (MgPO_4). Cangkang telur ayam ras digunakan sebagai precursor kalsium pada sintesis Hidroksiapatit. Hidroksiapatit ini memiliki sifat biocompatible (tidak menyebabkan reaksi penolakan dari system kekebalan tubuh), bioactive (membentuk ikatan dengan tulang), osteocondutive (tempat untuk pertumbuhan sel tulang baru). Hidroksiapatit dapat disintesis menggunakan prekursor kalsium dan prekursor fosfat. Prekursor kalsium CaOH_2 sedangkan prekursor fosfat H_3PO_4 . Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakterisasi fisika (fasa dan morfologi permukaan) dan kimia (gugus fungsional) cangkang telur ayam ras yang telah dikalsinasi dan yang dihasilkan menggunakan instrumen SEM (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray), FT-IR (Fourier Transform Infrared), dan XRD (X-Ray Diffraction). Sintesis Hidroksiapatit ini dilakukan dengan metode pengendapan basah dengan variasi suhu sintering diantaranya yaitu tanpa sintering (TS), 800°C , 900°C , 1000°C . Kemudian dikarakterisasi menggunakan instrumen SEM, FT-IR, dan XRD. Hasil karakterisasi HAp-TS memiliki kristalinitas 97,487%. HAp-8 dengan kristalinitas 95,821%. HAp-9 dengan kristalinitas 98,004%. HAp-10 memiliki kristalinitas 98,080%. HAp memiliki bentuk bongkahan tidak beraturan dengan gugus fungsional $-\text{OH}$, $-(\text{PO}_4)_3^{2-}$, dan $-\text{CO}_3^{2-}$. Suhu sintering berpengaruh pada sintesis HAp.

Kata Kunci: Cangkang telur ayam ras, Hidroksiapatit, Karakterisasi, Suhu sintering, Kristalinitas.

Abstract: Waste of race chicken eggs shells contain calcium carbonate (CaCO_3), magnesium carbonate (MgCO_3), calcium phosphate (CaPO_4), magnesium phosphate (MgPO_4). Race chicken eggs shells used as a precursor in the synthesis of calcium hydroxyapatite. The properties of hydroxyapatite are biocompatible (does not cause rejection reactions of the immune system), bioactive (forming a bond with the bone), osteoconductive (place for the growth of new bone cells). Hydroxyapatite can be synthesized using precursors of calcium and phosphate precursors. Precursor is CaOH_2 whereas calcium phosphate precursor is H_3PO_4 . CaOH_2 can be used as a precursor of calcium while H_3PO_4 can be used as a precursor phosphate. The purpose of this study to determine the characterization of physics (phase and surface morphology) and chemical (functional group) shell eggs that have been calcined and produced using instruments SEM (Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray), FT-IR (Fourier Transform Infrared) and XRD (X-Ray Diffraction). Synthesis of hydroxyapatite is done by a wet deposition method with sintering temperature variations among which 800°C , 900°C , 1000°C and without sintering (TS). Then the results were characterized using SEM instrument, FT-IR, and XRD. The characterization results HAp-TS has a 97.487% crystallinity. HAp-8 with 95.821% crystallinity. HAp-9 with 98.004% crystallinity. HAp-10 has a 98.080% crystallinity. HAp has a boulder irregular shape with functional groups $-\text{OH}$, $-(\text{PO}_4)_3^{2-}$, and $-\text{CO}_3^{2-}$. Temperature sintering effect on the synthesis of HAp.

Keywords: eggs race chicken, Hydroxyapatite, characterization, temperature sintering, crystallinity

PENDAHULUAN

Komposisi cangkang telur terdiri dari air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Bahan kering terdiri dari mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Mineral pada bahan kering cangkang telur ayam ras tersusun dari CaCO_3 (98,43%), MgCO_3 (0,84%), dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (0,75%) [1]. Kadar kalsium tersebut lebih tinggi dibandingkan kadar kalsium pada kerang bulu 38% [2], cangkang telur ayam kampung 71,11% [3], cangkang telur bebek 75,12% [4], dan cangkang kerang mencos 72% [5], sehingga cangkang telur ayam ras berpotensi sebagai prekursor kalsium pada sintesis hidroksiapatit.

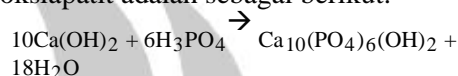
Hidroksiapatit (HAp) dengan rumus kimia $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ merupakan komponen anorganik penyusun utama tulang dan gigi. Namun, hidroksiapatit yang digunakan pada bidang medis di Indonesia masih impor sehingga perlu perkembangan riset sintesis hidroksiapatit.

Hidroksiapatit dapat disintesis menggunakan prekursor kalsium dan prekursor fosfat. Menurut Suryadi (2011) prekursor kalsium berupa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat diperoleh dengan mereaksikan kalsium oksida dan air [6]. Kalsium oksida dapat diperoleh dengan memanfaatkan limbah cangkang telur yang telah dikalsinasi pada suhu 1000°C selama 6 jam [7].

Prekursor fosfat yang berupa asam fosfat (H_3PO_4) berfungsi menambahkan ion fosfat pada sintesis hidroksiapatit. Penggunaan asam fosfat dipilih karena reaksi antara kalsium oksida dengan asam fosfat menghasilkan hidroksiapatit dan air. Kandungan air mudah dihilangkan dengan proses pemanasan sehingga dihasilkan hidroksiapatit, sedangkan garam fosfat seperti $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ akan menghasilkan hasil samping seperti kation NH_4^+ yang dapat substitusi pada kristal hidroksiapatit.

Pada metode kering, reaksi antara padatan dengan padatan memiliki kekurangan yaitu kemurniannya rendah, memiliki ukuran partikel yang besar dan bentuknya tidak teratur. Pada metode hidrotermal, reaksi menggunakan pelarut-pelarut organik memiliki kekurangan

yaitu perlu dengan tekanan yang tinggi, sehingga hidroksiapatit akan teraglomerasi. Pada metode sol gel, reaksi dengan suhu tertentu dan tekanan tinggi memiliki kekurangan dengan prosesnya yang rumit dan membutuhkan biaya yang mahal. Sehingga pada penelitian ini digunakan metode pengendapan basah yaitu reaksi antara larutan dan larutan karena memiliki kelebihan memiliki kemurnian hidroksiapatit yang tinggi, rendemen besar, dan tidak memerlukan pelarut organik [6]. Reaksi yang terjadi pada sintesis hidroksiapatit adalah sebagai berikut:



Terbentuknya fasa lain selain hidroksiapatit pada pH 8 dan 9 karena larutan hidroksiapatit tidak stabil pada pH dibawah 10. Pada pH di bawah 10, kristalisasi hidroksiapatit tidak maksimal sehingga berbentuk jarum. Sampel yang disintesis pada pH 10 menghasilkan hidroksiapatit dengan bentuk partikel seperti bola, sedangkan pada pH 10 tidak terjadi dekomposisi hidroksiapatit sehingga yang terbentuk hanya fasa hidroksiapatit

Proses *sintering* merupakan proses yang berpengaruh pada sintesis hidroksiapatit, proses *sintering* ini bertujuan untuk menghasilkan struktur kristal yang baik. Pada suhu tertentu, hidroksiapatit dapat terdekomposisi parsial sehingga membentuk senyawa selain hidroksiapatit.

Berdasarkan penelitian tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan variasi suhu *sintering* pada 800, 900, dan 1000°C . Pada penelitian ini dipelajari pengaruh suhu *sintering* yang divariasi pada 800, 900, dan 1000°C terhadap karakteristik hidroksiapatit.

METODE PENELITIAN

Preparasi Serbuk Cangkang Telur Ayam Ras

Cangkang telur ayam ras dicuci dengan air dan disikat hingga bersih, kemudian dipisahkan dari selaputnya dengan cara disikat. Setelah dipisahkan dari selaputnya, cangkang telur ayam ras dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam. Cangkang telur ayam

ras yang telah kering, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh. Serbuk yang dihasilkan disimpan dalam tempat tertutup [8].

Kalsinasi Cangkang Telur Ayam Ras

Serbuk cangkang telur ayam ras ditimbang sebanyak 8 gram dan dikalsinasi dengan tanur suhu 1000 °C selama 6 jam. Serbuk yang telah dikalsinasi, dipindahkan ke desikator dan ditimbang massanya [8].

Pembuatan Kalsium Hidroksida 0,5M.

Sebanyak 3,7046 gram serbuk cangkang telur ayam ras yang telah dikalsinasi dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuademin hingga tanda batas. Suspensi diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 3 mot selama 6 jam sehingga dihasilkan kalsium hidroksida dengan konsentrasi 0,5 M [9].

Pembuatan Larutan Asam Fosfat 0,3M.

Sebanyak 3,7046 gram serbuk cangkang telur ayam ras yang telah dikalsinasi dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuademin hingga tanda batas. Suspensi diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 3 mot selama 6 jam sehingga dihasilkan kalsium hidroksida dengan konsentrasi 0,5 M [9].

Pembuatan Natrium Hidroksida 1M

Sebanyak 4 gram padatan NaOH dilarutkan dengan akuademin panas dan dimasukkan pada labu ukur 100 mL. Larutan NaOH ditambah akuademin hingga tanda batas [9].

Sintesis Hidroksiapatit

Sintesis hidroksiapatit dilakukan dengan cara mereaksikan prekursor kalsium dan prekursor fosfat dengan perbandingan konsentrasi Ca/P 1,67. Serbuk cangkang telur ayam ras hasil kalsinasi dimasukkan dalam

gelas kimia dan dibuat menjadi 100mL $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,5M menggunakan akuademin.

Selanjutnya diberi 50mL asam fosfat menggunakan buret. Kemudian diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen dengan kecepatan 2 mot (367 rpm) selama 6 jam. Mulut gelas tersebut ditutup dengan *aluminium foil* untuk meminimalkan kontak dengan udara. Setelah itu, diendapkan 100mL H_3PO_4 0,3M tetes demi tetes menggunakan buret sambil diaduk dengan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan 2 mot (367 rpm) diaduk sampai homogen. Campuran tersebut didiamkan selama 1 jam pada *temperature* 30°C. Setelah didiamkan selama 1 jam, ditambahkan NaOH 1M tetes demi tetes hingga pH 10 menggunakan pH meter elektrik, setelah itu diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 2 mot. Setelah diaduk, didiamkan (*aging*) pada suhu kamar selama 24 jam.

Larutan yang dihasilkan disaring menggunakan kertas saring. Kemudian terjadi 2 fasa yaitu endapan dan filtrat. Endapannya dicuci dengan akuademin sebanyak 3x. Setelah dicuci dengan akuademin, dikeringkan dengan oven pada suhu 110 °C selama 2 jam dan ditimbang massanya. Setelah dioven, ditambahkan HNO_3 12M sebanyak 1 mL. Setelah ditambahkan HNO_3 , dimasukkan dalam tanur 900 °C selama 2 jam. Kristal dibiarkan dingin dalam tanur selama 15 jam, dipindahkan dalam desikator, dan ditimbang massanya. Percobaan diulang kembali dengan variasi tanpa suhu *sintering*, suhu *sintering* 800 dan 1000 °C. Sehingga terbentuk hidroksiapatit. Kemudian diuji menggunakan 3 instrumen yaitu *X-ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier transform infrared* (FT-IR) [6].

Efesiensi Hidroksiapatit

Hidroksiapatit yang disintesis menggunakan metode pengendapan basah kemudian hasilnya dihitung menggunakan rumus:

% efisiensi hidroksiapatit

$$= \frac{\text{massa hidroksiapatit}}{\text{massa awal kalsium dan asam fosfat}} \times 100\%$$

[9].

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh pada suhu *sintering* 800, 900, 1000 °C menggunakan instrumen *X-ray Diffraction*(XRD) dan *Fourier transform infrared* (FT-IR).

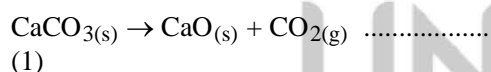
Karakterisasi Hidroksiapatit dianalisis menggunakan teknik deskriptif kuantitatif. Dalam penelitian ini data disajikan dalam bentuk table, grafik atau gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

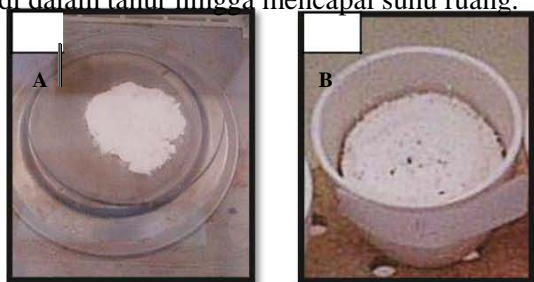
Preparasi dan Kalsinasi Serbuk CA

Sampel CA dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran, bau, lendir, dan lapisan membran. Lapisan membran CA mengandung senyawa organik sehingga harus dihilangkan agar tidak mengganggu proses sintesis HAp. CA yang telah bersih, dikeringkan untuk mengurangi kandungan air. Setelah CA kering, CA dihaluskan dengan ayakan 100 mesh agar proses kalsinasi berlangsung efektif. CA dikalsinasi pada suhu 1000 °C selama 6 jam untuk menghilangkan senyawa organik dan mengubah kalsium karbonat menjadi kalsium oksida.

Reaksi kalsinasi kalsium karbonat menjadi kalsium oksida:



Persamaan 1 menunjukkan kalsinasi CA pada suhu 1000 °C mengubah CaCO_3 menjadi CaO dan gas CO_2 . Setelah proses kalsinasi, dilakukan proses pendinginan secara perlahan di dalam tanur hingga mencapai suhu ruang.



Gambar 1 . (A) CA dan (B) CA-K

Rendemen CA-K yang ditanur pada suhu 1000 °C selama 6 jam adalah 62,1921%. Penurunan massa CA pada proses kalsinasi karena proses pelepasan gas CO_2 dan penguraian senyawa organik. Komponen organik dari CA yang hilang pada proses kalsinasi yang berasal dari protein [10].

Sintesis Hidroksiapatit

Berdasarkan penelitian tersebut, suhu *sintering* pada penelitian ini menggunakan suhu 800, 900, dan 1000 °C. Partikel menjadi terikat kuat, sehingga kepadatan, dan kekuatan meningkat [11] sampai akhirnya pori semakin mengecil dan memadat tanpa adanya pori.

Tabel 1. Rendemen Hidroksiapatit yang Terbentuk dari CaO dan H_3PO_4 .

Kode Sampel	Massa CaOH_3PO_4 (gram)	Massa (gram)	Massa Rendemen (%)
HAp-TS		4,4351	60,1777
HAp-800		3,9475	53,5617
HAp-900	3,7000	3,67002,3940	32,4830
HAp-1000		3,4126	46,3039

Pada Tabel 1 menunjukkan HAp-TS memiliki rendemen sebesar 60,1777%, sedangkan HAp yang telah *disintering* menghasilkan rendemen pada rentang 32,4830% hingga 53,5617%. Pada proses *sintering* terjadi penyusutan massa yang disebabkan penguapan zat-zat yang mudah menguap seperti nitrat dan air menjadi fase gas.

Karakterisasi Fisika dan Kimia Cangkang Ayam Ras yang Telah Dikalsinasi

Pada tahap ini dilakukan karakterisasi cangkang ayam ras dan hidroksiapatit menggunakan instrumen XRD, FTIR dan SEM.

1. Analisis Fasa dan Krisnalinitas Menggunakan instrumen XRD

Analisis menggunakan instrumen XRD bertujuan untuk mengetahui fasa dan krisnalinitas. HAp yang dianalisis yaitu HAp tanpa *sintering*, *sintering* 800, 900, dan 1000 °C. HAp tersebut dibandingkan dengan pembanding yaitu dengan HAp yang telah

diaplikasikan dibidang medis yang berasal dari RSUD Dr. Soetomo Surabaya, HAp ini disebut HAp-BJ (HAp Bank Jaringan).

a) Analisis Fasa

Analisis fasa bertujuan untuk mengetahui fasa cangkang ayam ras yang telah dikalsinasi dan HAp. Pada analisis ini akan dibandingkan pergeseran puncak antara CA dengan HAp.

b) Analisis Kristalinitas

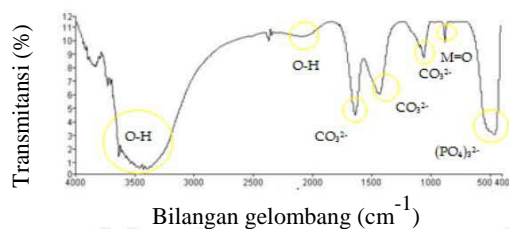
Analisis kristalinitas bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *sintering* terhadap kristalinitas. Kristalinitas merupakan besaran yang menyatakan banyaknya kandungan kristal pada suatu material dengan membandingkan luasan kristal dengan total luas kristal amorf dan kristal [12].

Tabel 2. Kristalinitas CA-K dan HAp

Kode Sampel	2 θ		β (rad)	Fraksi Luas		Kristalinitas (%)
	2 θ_1 (rad)	2 θ_2 (rad)		Amorf	Kristal	
CA-K	0,647	0,659	0,006	1,200	45,600	97,436
HAp-BJ	0,579	0,614	0,018	1,440	37,260	96,279
HAp-TS	0,195	0,209	0,007	3,500	135,800	97,487
HAp-8	0,539	0,577	0,019	1,425	32,680	95,821
HAp-9	0,516	0,525	0,005	0,180	8,840	98,004
HAp-10	0,518	0,526	0,004	0,184	9,400	98,080

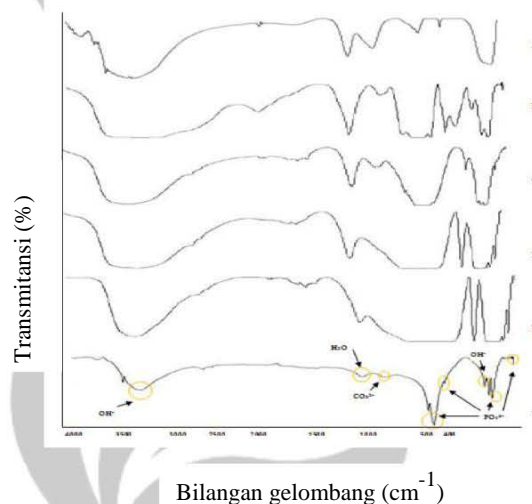
2. Analisis Gugus Fungsional Menggunakan Instrumen FTIR

Analisis gugus fungsional menggunakan instrumen FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional dari CA-K dan HAp.



Gugus Fungsional	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
-(PO ₄) ₃ ²⁻	513,790
M=O	875,910
	1064,990
	1094,250
-CO ₃ ²⁻	1440,770
	1638,220
	2066,970
O-H	3434,820

Tabel pada gugus fungsional CA-K bilangan gelombang 459,210 cm⁻¹ menunjukkan adanya (PO₄)₃²⁻. Pada gugus fungsional M=O memiliki bilangan gelombang 876,330 cm⁻¹ yang merupakan kandungan Ca yang berasal dari CA-K. Pada bilangan gelombang 1431,550 cm⁻¹ memiliki gugus fungsional -CO₃²⁻. Selain itu, terdapat adanya -OH pada Ca(OH)₂ yang sedikit melebar pada spectra FTIR yang merupakan adanya gas CO₂ diudara.



Gambar 2. (A) Spektra FTIR HAp CA-K, (B) HAp-TS, (C) HAp-8, (D) HAp-9, (E) HAp-10, (F) dan HAp-BJ.

Pada gambar 2 menunjukkan spektra FTIR gugus fungsional pada CA-K, HAp-TS, HAp-8, HAp-9, HAp-10 dan HAp-BJ. Seluruh *peak* menunjukkan dengan adanya gugus fungsional OH, CO₃²⁻, dan PO₄³⁻.

Tabel 3. Spektrum Hasil FT-IR HAp

Gugus Fungsional	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)				
	HAp-BJ	HAp-TS	HAp-800	HAp-900	HAp-1000
-PO ₄ ³⁻ (vibrasi P=O dan P-O dari gugus - ₃ -)	962,64 414,69	962,88 419,86	963,26 495,2	454,76 1072,5	403,26
PO ₄ ³⁻	571,18	571	570	528,5	575,5
-CO ₃ ²⁻	602,51	603	602,5		
	1444,27 632,30	1458,41 630,93	1420,21 631,27		
-O-H	1633,07 3435,83	1637,35 3435,59	1637,49 3401,04	1638,01	1638,01 3435,21

3. Analisis Morfologi Permukaan Menggunakan Instrumen SEM

Analisis menggunakan instrumen SEM untuk mengetahui morfologi permukaan CA dan HAp. Morfologi permukaan CA menunjukkan yang butiran halus yang tidak teratur. Pada sampel CaO standar, menunjukkan sampel yang tidak memiliki bentuk karena terjadi aglomerasi (menggumpal).

HAp yang dihasilkan memiliki permukaan yang tidak merata, namun tidak terdapat permukaan yang memiliki tepi yang runcing dan tajam yang menyerupai bentuk jarum. Hal tersebut menunjukkan bahwa morfologi HAp yang disintesis pada penelitian ini tidak membahayakan bagi tulang manusia. Implan yang memiliki tepi yang tajam dapat melukai jaringan lunak pada tulang disekelilingnya sehingga dapat terjadi peradangan [11].

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Simpulan dalam penelitian ini adalah

1. CA-K memiliki karakteristik fisika berupa fasa CaO dan memiliki morfologi permukaan kristal dengan bentuk bulatan besar yang tidak beraturan, serta $\text{Ca}(\text{OH})_2$ memiliki derajat kristalinitas 97,436%. Karakteristik kimia CA-K memiliki gugus fungsional yaitu OH^- , $(\text{PO}_4)_3^{2-}$, dan CO_3^{2-} .
2. Suhu *sintering* berpengaruh pada sintesis HAp.
3. HAp-BJ memiliki kristalinitas 96,279% dan memiliki fasa HAp dan tetrakalsium siklo-dekafosfat 16 hidrat. HAp-TS memiliki kristalinitas 97,487% dan memiliki fasa DCPD ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), HAp, apatit karbonat tipe A (AKA) dan apatit karbonat tipe B (AKB). HAp-8 dengan kristalinitas 95,821% dan memiliki fasa HAp, apatit karbonat tipe A (AKA) dan apatit karbonat tipe B (AKB). HAp-9 dengan kristalinitas 98,004% dan memiliki fasa TCP, apatit karbonat tipe A (AKA) dan apatit karbonat tipe B (AKB). HAp-10 memiliki kristalinitas 98,080% dan memiliki fasa

TCP, apatit karbonat tipe A (AKA) dan apatit karbonat tipe B (AKB). HAp memiliki bentuk bongkahan tidak beraturan dengan gugus fungsional $-\text{OH}$, $-(\text{PO}_4)_3^{2-}$, dan $-\text{CO}_3^{2-}$.

Saran

Saran dalam penelitian ini adalah

1. Pada proses sintesis dan *sintering* HAp seharusnya perlu dilakukan daliran gas inert seperti argon atau nitrogen agar proses sintesis terbebas dari gas CO_2 .

DAFTAR PUSTAKA

1. Yuwanta, T. (2010). Telur dan Kualitas Telur. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
2. Wati, Sri Anugerah. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Limbah Cangkang Kerang Bulu (*Anadara Antiquata*). Departemen Fisika, FMIPA, USU.
3. Tyas, R. W. (2014). Studi Karakteristik Hidroksiapatit dari Cangkang Telur Ayam Ras dan Ayam Kampung. *Skripsi*. FMIPA, IPB.
4. Sari, Wahyuni Richa. (2013). Sintesis dan Pencirian Hidroksiapatit Berbahan Dasar Cangkang Telur Bebek. *Skripsi*. FMIPA, IPB.
5. Setiadi, Budi. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit Berbasis Cangkang Kerang Mencos (*Anadara Maculosa*). *Skripsi*. Departemen Fisika, FMIPA, IPB.
6. Suryadi. (2011). Sintesis Karakteristik Biomaterial Hidroksiapatit Proses Pengendapan Kimia Basah. *Tesis*. Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, UI.
7. Amrina, Qori Helly (2008). Sintesa Hidroksiapatit dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur: Karakterisasi Difraksi Sinar-X dan Scanning Electron Microscopy (SEM). *Skripsi*. FMIPA, IPB.
8. Ningsih, Rini Purwo., Wahyuni, Nelly., Destiarti, Lia. (2014). Sintesis

- Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Kepah (Polymesoda Erosa) dengan Variasi Waktu Pengadukan. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3 (1): 22-26.
9. Balgies. (2011). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Ranga. *Skripsi.FMIPA, IPB*.
10. Mine, Yoshinori. 2008. *Egg Bioscience And Biotechnology*. United States: Wiley-Interscience.
11. Dorozhkin, Sergery. (2010). Bioceramics of calcium orthophosphates. *Biomaterials*, 31.
12. Ulvia. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) dengan Variasi Waktu tahan Sintering. *Tugas Akhir*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala Darussalam.

